

## 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡生长性能、 肉质及抗氧化能力的影响

王一冰<sup>1</sup> 顾丽红<sup>2</sup> 叶金玲<sup>1</sup> 范秋丽<sup>1</sup> 张盛<sup>1</sup> 陈志龙<sup>1</sup> 林哲敏<sup>2</sup> 蒋守群<sup>1\*</sup>

(1. 广东省农业科学院 动物科学研究所/畜禽育种国家重点实验室/农业农村部华南动物营养与  
饲料重点实验室/广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广州 510640;  
2. 海南省农业科学院 畜牧兽医研究所, 海口 571100)

**摘要** 为研究灵芝孢子粉与大豆异黄酮对110~140日龄文昌鸡生长性能、肉质与抗氧化能力的影响, 试验选取540只110日龄文昌母鸡, 随机分成3个处理组, 每组6个重复, 每个重复30只, 试验周期30天, 对照组饲喂基础日粮, 处理组分别在基础饲料中添加500 mg/kg灵芝孢子粉和300 mg/kg大豆异黄酮预混剂, 试验期满后, 测定试鸡生长性能, 采集试鸡血浆、胸肌样品, 测定血液与胸肌抗氧化指标、胸肌肉质性状、肉感官评定及货架期指标。结果表明, 与对照组相比, 1) 大豆异黄酮组试鸡的生长末重与平均日增重均显著增加( $P < 0.05$ ), 料重比降低( $P < 0.05$ ); 2) 灵芝孢子粉显著提高试鸡胸肌宰后24 h的pH( $P < 0.05$ )、降低剪切力( $P < 0.05$ ); 大豆异黄酮显著降低胸肌宰后45 min的 $a^*$ 值( $P < 0.05$ ), 提高胸肌宰后24 h的 $L^*$ 值和pH( $P < 0.05$ ); 3) 灵芝孢子粉组试鸡的肉汤鲜味评分显著提高( $P < 0.05$ ); 4) 灵芝孢子粉可显著降低文昌鸡胸肌宰后24 h的丙二醛(MDA)与宰后45 min的挥发性盐基氮含量( $P < 0.05$ ); 大豆异黄酮显著降低试鸡胸肌宰后45 min和24 h的MDA含量( $P < 0.05$ ); 5) 饲料添加灵芝孢子粉与大豆异黄酮显著降低了文昌鸡血浆MDA含量( $P < 0.05$ ), 灵芝孢子粉还增加了血浆谷胱甘肽含量( $P < 0.05$ )。综上, 500 mg/kg灵芝孢子粉和300 mg/kg大豆异黄酮预混剂均可提高文昌鸡的抗氧化能力, 改善肌肉品质。二者比较, 500 mg/kg灵芝孢子粉作用更优。

**关键词** 文昌鸡; 灵芝孢子粉; 大豆异黄酮; 肉质; 抗氧化能力

中图分类号 S831.5

文章编号 1007-4333(2021)11-0148-09

文献标志码 A

## Effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* and soybean isoflavone on growth performance, meat quality, and antioxidant capacity of Wenchang chicken

WANG Yibing<sup>1</sup>, GU Lihong<sup>2</sup>, YE Jinling<sup>1</sup>, FAN Qiuli<sup>1</sup>, ZHANG Sheng<sup>1</sup>,  
CHEN Zhilong<sup>1</sup>, LIN Zhemin<sup>2</sup>, JIANG Shouqun<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Animal Science/State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding/Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangdong Provincial Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China;  
2. Institute of animal husbandry and veterinary medicine, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Haikou 571100, China)

**Abstract** To investigate the effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* (GI) and soybean isoflavone (SI) on the

收稿日期: 2021-03-03

基金项目: 国家肉鸡产业技术体系项目(CARS-41-G10); 国家重点研发计划(2018YFD0500600); 广东省科技计划项目(2017B020202003); 广州市科技计划重点项目(201804020091); 广东省农业科学院院长基金项目(201908); 科技创新战略专项资金(高水平农科院建设)(202106TD, R2019PY-QF008, R2018QD-076)

第一作者: 王一冰, 副研究员, 从事黄羽肉鸡营养与免疫研究, E-mail: wangyibing77@163.com

通讯作者: 蒋守群, 研究员, 从事黄羽肉鸡营养调控研究, E-mail: jiangshouqun@gdaas.cn

growth performance, meat quality and antioxidant capacity of Wenchang Chicken, a total of 540 110-day-old Wenchang Chickens were randomly allocated into 3 groups with 6 replicates and 30 birds per replicate. The test period was 30 days. The control group was fed with basal diet, and the treatment groups were supplemented with 500 mg/kg spore powder of (GI) or 300 mg/kg (SI) in the basic diet, respectively. At the end of the experiment, the growth performance of birds was measured, and plasma and breast muscle were collected to determine the antioxidant variables, meat quality, sensory evaluation and indicators for shelf life in meat. The results showed that: 1) Compared with the control group, supplementation with SI increased the final weight and ADG of birds ( $P < 0.05$ ), and decreased the feed/gain ratio ( $P < 0.05$ ); 2) The spore powder of GL significantly increased pH ( $P < 0.05$ ) and decreased shear force ( $P < 0.05$ ) of breast muscle 24 h after slaughter; SI significantly decreased the  $a^*$  value of breast muscle 45 min after slaughter ( $P < 0.05$ ) and increased the  $L^*$  value and pH of breast muscle 24 h after slaughter ( $P < 0.05$ ); 3) The score of broth taste of meat in spore powder of GL group was significantly increased ( $P < 0.05$ ); 4) Spore powder of GL significantly reduced the content of malondialdehyde (MDA) in breast muscle 24 h after slaughter and volatile basic nitrogen in breast muscle 45 min after slaughter ( $P < 0.05$ ); SI significantly reduced the MDA content of breast muscle 45 min and 24 h after slaughter ( $P < 0.05$ ); 5) The supplementation with spore powder of GL and SI significantly reduced the content of MDA in plasma of birds ( $P < 0.05$ ), and spore powder of GL also increased the content of glutathione ( $P < 0.05$ ). In conclusion, 500 mg/kg spore powder of GL or 300 mg/kg SI improved the antioxidant capacity and muscle quality of Wenchang Chicken. And the effects of 500 mg/kg spore powder of GL were better than 300 mg/kg SI.

**Keywords** Wenchang Chicken; spore powder of *Ganoderma lucidum*; soybean isoflavone; meat quality; antioxidant capacity

随着生活水平的提高,人们越来越重视肉类产品的口感、风味和营养品质。脂类氧化造成肉品质下降<sup>[1]</sup>,因而机体抗氧化性能对肉品质具有重要作用。Jiang 等<sup>[2]</sup>发现,日粮添加大豆异黄酮显著降低了脂质的过氧化程度并提高了肌肉 pH,从而改善了黄羽肉鸡肌肉品质;Payne 等<sup>[3]</sup>表明添加大豆异黄酮可改善育肥猪肌肉的肉色和滴水损失。Liu 等<sup>[4]</sup>发现饲料添加灵芝孢子粉可提高肉鸡总抗氧化力(T-AOC)和抗氧化酶的活性;本课题组先前的研究表明,灵芝孢子粉降低了清远麻鸡空肠丙二醛(MDA)含量,在改善其抗氧化性能和肉品质方面有显著作用<sup>[5]</sup>。

文昌鸡为海南“四大名菜”之首,具有肉味浓郁、肉质滑嫩等特点,倍受消费者喜爱。但海南酷热的天气以及现代集约化的养殖方式使得文昌鸡在养殖过程中易产生应激,造成肉品质下降。同时,鸡肉中不饱和脂肪酸含量较高,极易氧化,在贮存中肉质易变差,从而影响口感,而关于文昌鸡肉品质调控方面相关报道较少。因此,本研究旨在探究在文昌鸡出栏前(110~140 日龄)分别添加大豆异黄酮和灵芝孢子粉对其生长性能、肉品质和货架期指标以及抗氧化能力的影响,为文昌鸡健康高效养殖、肉质产品改良添加剂的开发提供技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及试验饲料

试验采用单因子随机分组设计。选用 540 只 110 日龄文昌鸡母鸡((1 643.49±4.34) g),海南省传味有限公司文昌鸡养殖基地),随机分为 3 组,每组 6 个重复,每个重复 30 只。试验设饲喂基础日粮(颗粒料)的空白对照组,灵芝孢子粉组在基础饲料中添加 500 mg/kg 破壁灵芝孢子粉(来源于云南怀山农业科技有限公司,有效成分含量:灵芝三萜 1.0%,粗多糖 0.5%),大豆异黄酮组在基础饲料中添加 300 mg/kg 大豆异黄酮预混剂(由广东新南都饲料科技有限公司提供,有效成分含量:4,7-二羟基异黄酮 1%,载体为脱脂米糠)。

试验采用玉米、豆粕型基础饲料,营养水平参考 NY/T33-2004《鸡饲养标准》<sup>[6]</sup>与本单位建立的黄羽肉鸡饲养标准,参照《中国饲料成分及营养价值表》(第 28 版)<sup>[7]</sup>和实测值设计饲料配方,各组饲料营养水平一致。基础日粮组成及营养水平见表 1。

### 1.2 饲养管理

试验地点为海南省传味有限公司养殖场。试验期从 110~140 日龄。饲养期间试验鸡笼养,饲养笼尺寸为长 40 cm、宽 40 cm、高 30 cm,饲养密度为 0.053 m<sup>2</sup>/只。鸡只自由采食和饮水,室内温度 26~

表1 基础饲料组成及营养水平(饲喂基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (as-fed basis)

项目 Item	含量 Content	项目 Item	含量 Content
原料 Ingredient		营养水平 Nutrient level	
玉米/% Corn	74.70	代谢能/(MJ/kg) ME	11.14
大豆粕/% Soybean meal	21.00	粗蛋白质/% CP	15.76* <sup>②</sup>
麦麸/% Wheat bran	0.62	钙/% Ca	1.02* <sup>②</sup>
石粉/% Limestone	1.50	磷/% P	0.47* <sup>②</sup>
磷酸氢钙/% CaHPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.80	有效磷/% AP	0.24
氯化钠/% NaCl	0.25	赖氨酸/% Lys	0.82
L-盐酸赖氨酸(98%)/% L-Lys · HCl	0.05	蛋氨酸/% Met	0.33
DL-蛋氨酸(98%)/% DL-Met	0.08	蛋氨酸+胱氨酸/% Met+Cys	0.60
维生素微量元素预混料 <sup>①</sup> /% Premix	1.00		
合计% Total	100.00		

注:①预混料可为每千克饲料提供:VA 5 000 IU,VD<sub>3</sub> 1 000 IU,VE 20 IU,VK 4 mg,VB<sub>1</sub> 3 mg,VB<sub>2</sub> 6 mg,VB<sub>6</sub> 6 mg,VB<sub>12</sub> 0.03 mg,烟酸 30 mg,D-泛酸 16 mg,叶酸 1.0 mg,生物素 0.15 mg,胆碱 600 mg,铁 80 mg,铜 7 mg,锰 60 mg,锌 65 mg,碘 0.6 mg,硒 0.3 mg。

②标有\*的是实测值,其他为计算值。

Note: ①The premix provided the following per kg of diets: VA 5 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 000 IU, VE 20 IU, VK 4 mg, VB<sub>1</sub> 3 mg, VB<sub>2</sub> 6 mg, VB<sub>6</sub> 6 mg, VB<sub>12</sub> 0.03 mg, niacin 30 mg, D-pantothenic acid 16 mg, folic acid 1.0 mg, biotin 0.15 mg, choline 600 mg, Fe 80 mg, Cu 7 mg, Mn 60 mg, Zn 65 mg, I 0.6 mg, Se 0.3 mg.

②The data marked with \* were the calculated values, while the others were measured values.

33 ℃。各处理的饲养管理和环境条件一致,饲养管理等均按照海南省传味有限公司文昌鸡饲养规程进行。

### 1.3 生长性能的测定

在试验开始和结束前一天晚 17:00 断料供水,次日清晨以重复为单位进行空腹试鸡与余料称重,统计试鸡平均日采食量、平均日增重、料重比,记录试鸡死亡情况并计算存活率。

### 1.4 血液抗氧化指标的测定

在试验结束当天清晨,每重复选取 2 只平均体重鸡(空腹),使用含肝素钠的采血管进行翅静脉采血,采集 5 mL 血液经 3 000 r/min 离心 10 min,吸取上清。采集的血浆存放于 -80 ℃。使用多功能酶标仪(Spectra Max M-5, Molecular Devices 公司,美国)与试剂盒(A003-1-2、A006-2-1、A001-1-2、A015-1-2,南京建成生物工程研究所,中国)测定血浆中 MDA 和谷胱甘肽(GSH)含量、总超氧化物歧

化酶(T-SOD)活性和 T-AOC。

## 1.5 肉品质指标测定

### 1.5.1 肉质性状

上述试鸡进行屠宰(每组 6 重复,每重复 2 只),取左右两侧完整胸肌。左侧胸肌测定宰后 45 min 剪切力、宰后 45 min 与 24 h 肉色和 pH(贮藏于 4 ℃条件下),取右侧胸肌测定蒸煮损失和滴水损失率。使用便携式 pH 计(HI-8424 型,北京 Hanna 仪器科学技术有限公司,北京)测定 pH,使用嫩度仪(Instron-4411 型,英斯特朗公司,美国)测定剪切力,采用色差计(CR-410 型,美能达公司,日本)测定肉色亮度(L\*)值、红度(a\*)值与黄度(b\*)值,参照课题组已发表文献<sup>[8]</sup>的方法测定滴水损失与蒸煮损失,根据以下公式计算:

$$\text{滴水损失率}/\% = [(\text{挂前样品重量} - \text{挂后样品重量}) / \text{挂前样品重量}] \times 100$$

$$\text{蒸煮损失率}/\% = [(\text{蒸煮前样品重量} - \text{蒸煮后样品重量}) / \text{蒸煮前样品重量}] \times 100$$

### 1.5.2 肉感官评定

去除胸肌周围脂肪组织等将胸肌流水漂洗干净,将胸肌切为长 2~3 cm,宽高各 1 cm 左右的长条,置于不锈钢小碗中,用锡箔纸封口,隔水蒸 15 min,过程中不添加任何调味料。十位评价人员分别对肉的气味、风味、嫩度、多汁度与肉汤鲜味共 5 个方面进行打分,分值为 1 分(差)、2 分(次)、3 分(中)、4(良)和 5(优)<sup>[5]</sup>。具体评分标准如下:

- 1) 气味。用鼻子闻肉的芳香,极弱、较弱、适中、较强、极强;
- 2) 风味。用舌头来感觉,极弱、较弱、适中、较强、极强;
- 3) 嫩度。通过牙齿咀嚼来感觉,极难、较难、适中、较易、极易;
- 4) 多汁度。眼观和咀嚼,极干燥、较干燥、适中、较多汁、极多汁;
- 5) 肉汤鲜味。极弱、较弱、适中、较强、极强。

### 1.5.3 货架期评定指标

取试验鸡宰后右侧胸肌肉样贮藏于 4 °C,在第

1、3 和 5 天时测定胸肌中总挥发性盐基氮(TVBN)与 MDA 含量。

### 1.6 数据分析

试验数据以各组平均值与总标准误表示,采用 SPSS 16.0 分析软件中的 One-way ANOVA 进行单因素方差分析,根据方差齐次性检验结果应用 Duncan 法进行组的多重比较,肉质感官评分的组间比较应用卡方检验及 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$  为差异显著, $P > 0.05$  为差异不显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡生长性能的影响

表 2 为不同处理组间试鸡生长性能的比较,与对照组相比,饲料添加大豆异黄酮可显著增加文昌鸡的生长末重与平均日增重( $P < 0.05$ ),降低料重比( $P < 0.05$ );饲料添加灵芝孢子粉对文昌鸡的生长性能无显著影响( $P > 0.05$ )。

表 2 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* and soybean isoflavone on growth performance of Wenchang Chicken

项目 Item	对照组 Control	灵芝孢子粉组 Ganoderma lucidum group	大豆异黄酮组 Soybean isoflavone group	SEM
始重/g Initial weight	1 643.65	1 646.75	1 640.08	4.34
末重/g Final weight	1 818.64 b	1 801.97 b	1 884.41 a	20.37
平均日采食量/g Average daily feed intake	74.33	73.39	74.59	0.50
平均日增重/g Average daily gain	5.83 b	5.07 b	8.14 a	0.58
料重比 Feed to gain ratio	13.59 a	15.85 a	9.34 b	1.58
存活率/% Survival rate	96.67	96.67	95.00	1.42

注:同行数据肩标不同字母为差异显著( $P < 0.05$ ),字母相同或无字母表示差异不显著( $P > 0.05$ ),下同。

Note: Within the same row, different letters represent significant differences ( $P < 0.05$ ), while the same letters represent no significant differences ( $P > 0.05$ ). The same below.

### 2.2 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡肉质的影响

表 3 是不同试验组之间胸肌肉品质之间的差异比较。结果表明,与对照组相比,饲料添加灵芝孢子粉和大豆异黄酮均可显著提高试鸡胸肌宰后 24 h 的 pH( $P < 0.05$ );饲料添加灵芝孢

子粉显著降低了文昌鸡胸肌剪切力( $P < 0.05$ );饲料添加大豆异黄酮显著提高胸肌宰后 45 min 和 24 h 的  $L^*$  值( $P < 0.05$ )、降低宰后 45 min 的  $a^*$  值( $P < 0.05$ )。另外,各处理组试鸡胸肌滴水损失均低于对照组,但并未达到显著水平( $P > 0.05$ )。

表3 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡肉品质的影响

Table 3 Effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* and soybean isoflavone on meat quality of Wenchang chicken

项目 Item	对照组 Control	灵芝孢子粉组 Ganoderma lucidum group	大豆异黄酮组 Soybean isoflavone group	SEM
剪切力/N Shear force	37.61 a	32.81 b	35.95 ab	1.83
pH <sub>45 min</sub>	5.88	6.03	5.99	0.03
pH <sub>24 h</sub>	5.64 b	5.68 a	5.70 a	0.01
L <sub>45 min</sub> <sup>*</sup>	57.76 b	58.99 ab	59.99 a	0.58
a <sub>45 min</sub> <sup>*</sup>	12.08 a	11.43 ab	11.11 b	0.21
b <sub>45 min</sub> <sup>*</sup>	10.25	10.36	9.92	0.31
L <sub>24 h</sub> <sup>*</sup>	52.01 b	52.81 ab	53.27 a	0.26
a <sub>24 h</sub> <sup>*</sup>	9.98	10.11	9.86	0.10
b <sub>24 h</sub> <sup>*</sup>	8.94	9.52	9.04	0.17
滴水损失/% Drip loss	2.84	2.39	2.62	0.15
蒸煮损失/% Cooking loss	20.55	19.76	21.18	0.40

### 2.3 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡肌肉感官评定的影响

表4为不同试验组之间胸肌感官品尝评分,与对照组相比,灵芝孢子粉组试鸡的肉汤鲜味评分显著提高( $P < 0.05$ ),各组气味、风味、嫩度和多汁度均无显著差异( $P > 0.05$ ),但灵芝孢子粉组试鸡各项指标均高于对照组。

### 2.4 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡宰后胸肌货架期指标的影响

与对照组相比,饲料添加灵芝孢子粉可显著降

低文昌鸡宰后24 h胸肌MDA含量( $P < 0.05$ )与宰后45 min胸肌TVBN含量( $P < 0.05$ );饲料添加大豆异黄酮显著降低试鸡宰后45 min、24 h胸肌MDA含量( $P < 0.05$ )(表5)。对于宰后72和120 h的肌肉,饲料添加大豆异黄酮和灵芝孢子粉均对降低MDA和TVBN含量有一定的作用,但未达显著水平( $P > 0.05$ )。

### 2.5 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡血浆抗氧化指标的影响

血浆抗氧化指标如表6所示。与对照组相比,

表4 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡胸肌感官评定评分值的影响

Table 4 Effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* and soybean isoflavone on scores of sensory evaluation for breast muscle of Wenchang Chicken

项目 Item	对照组 Control	灵芝孢子粉组 Ganoderma lucidum group	大豆异黄酮组 Soybean isoflavone group	SEM
气味 Smelling	3.41	3.42	3.52	0.08
风味 Flavor	3.41	3.59	3.30	0.08
嫩度 Tenderness	3.48	3.82	3.29	0.07
多汁度 Juiciness	3.36	3.80	3.18	0.09
肉汤鲜味 Taste of broth	3.29 b	3.91 a	3.48 ab	0.07

表 5 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡胸肌丙二醛与挥发性盐基氮含量的影响

Table 5 Effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* and soybean isoflavone on contents of MDA and TVBN in breast muscle of Wenchang chicken

项目 Item	对照组 Control	灵芝孢子粉组 Ganoderma lucidum group	大豆异黄酮组 Soybean isoflavone group	SEM
MDA <sub>15 min</sub> /(nmol/mg)	0.128 a	0.126 ab	0.074 b	0.006
MDA <sub>24 h</sub> /(nmol/mg)	0.117 a	0.076 b	0.050 b	0.005
MDA <sub>72 h</sub> /(nmol/mg)	0.095	0.075	0.077	0.007
MDA <sub>120 h</sub> /(nmol/mg)	0.114	0.107	0.106	0.007
TVBN <sub>15 min</sub> /(mg/100 g)	6.56 a	4.59 b	5.87 ab	0.34
TVBN <sub>24 h</sub> /(mg/100 g)	7.78	5.28	7.07	0.56
TVBN <sub>72 h</sub> /(mg/100 g)	10.29	8.03	9.34	0.54
TVBN <sub>120 h</sub> /(mg/100 g)	13.74	11.18	12.89	0.45

注:MDA 的数值表示每 mg 组织蛋白中的含量。

Note: The concentration of MDA is the amount per milligram of protein in tissue.

表 6 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡血浆抗氧化指标的影响

Table 6 Effects of spore powder of *Ganoderma lucidum* and soybean isoflavone on antioxidant variables in plasma of Wenchang chicken

项目 Item	对照组 Control	灵芝孢子粉组 Ganoderma lucidum group	大豆异黄酮组 Soybean isoflavone group	SEM
MDA/(nmol/L)	6.85 a	4.05 b	3.89 b	0.88
GSH/(mg/L)	3.11 b	3.70 a	3.16 b	0.16
T-AOC/(U/mL)	5.59	7.24	7.75	1.71
T-SOD/(U/mL)	0.98	1.08	1.08	0.06

饲料添加灵芝孢子粉与大豆异黄酮显著降低了文昌鸡血浆 MDA 含量( $P < 0.05$ ), 饲料添加灵芝孢子粉还增加了血浆 GSH 含量( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡生长性能的影响

大豆异黄酮是豆类籽实中的单宁类化合物, 具有提高抗氧化能力、调节机体免疫等重要生理调节功能<sup>[8]</sup>。Jiang 等<sup>[2]</sup>的研究表明大豆异黄酮(10~20 mg/kg)可提高 43~63 日龄快大型黄羽肉公鸡采食量和体重; 林厦菁等<sup>[9]</sup>发现在生长全期添加 20 mg/kg 的大豆异黄酮可提高文昌鸡母鸡的平均

采食量和日增重。本研究中, 对文昌鸡母鸡在出栏前(110~140 日龄)进行短期添加大豆异黄酮预混剂, 发现试鸡的生长末重与平均日增重均显著增加, 料重比降低。大豆异黄酮增加肉鸡生长性能的原因可能与其提高肉鸡血清生长激素(GH)、胰岛素样生长因子-1(IGF-1)的含量有关<sup>[10]</sup>。灵芝孢子是灵芝的卵形生殖细胞, 具有抗病毒、免疫调节等作用<sup>[11-12]</sup>, 可提高 AA 肉鸡的平均日增重、降低料重比<sup>[4]</sup>。在本研究中, 饲料添加灵芝孢子粉并未影响文昌鸡的生长性能。可能的原因是, 生物活性添加剂对畜禽生长性能的作用与试验动物的品种、日龄、性别等有关, 也可能与本研究周期较短有关。总的来说, 灵芝孢子粉与大豆异黄酮预混剂均对文昌鸡

的生长性能无不良影响。

### 3.2 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡肉品质的影响

随着生活水平的提高,消费者对鸡肉品质的要求也不断增高。肉色是肌肉外观评定的重要指标,决定着消费者对鸡肉的接受程度,其主要决定于肌肉中肌红蛋白的含量<sup>[13]</sup>;剪切力是评价肌肉嫩度的重要指标,其数值越小,肌肉越嫩;系水力表示肌肉在受到外力作用时保持其内含水分的能力,影响肌肉的多汁性、嫩度、色泽等;pH代表了肌肉酸度,与屠宰后肌糖元的酵解速度和强度有关,影响肉色、嫩度、烹煮损失和肉质保藏<sup>[14]</sup>。在本研究中,灵芝孢子粉提高了文昌鸡胸肌宰后24 h的pH,降低胸肌剪切力、提高鸡肉嫩度,大豆异黄酮提高胸肌宰后pH与L\*值、降低a\*值,改善了鸡肉肉质。与本研究结果相似,Jiang等<sup>[2]</sup>发现,日粮添加40 mg/kg大豆异黄酮显著降低了快大型黄羽肉鸡脂质的过氧化程度并提高了肌肉pH,从而改善了肌肉品质;Payne等<sup>[3]</sup>发现,添加大豆异黄酮(200~400 mg/kg)降低了育肥猪肌肉的a\*值、b\*值和滴水损失。关于灵芝粉在畜禽肉质改善方面的研究较少,王一冰等<sup>[5]</sup>研究表明,灵芝孢子粉可提高清远麻鸡胸肌pH,改善肉色;同时,灵芝和杜仲复配可提高湘沙猪配套系的大理石纹<sup>[15]</sup>。综合本研究结果,灵芝孢子粉和大豆异黄酮均对文昌鸡的肉品质具有一定的改善作用。

### 3.3 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡鸡肉感官评定评分的影响

肉感官品尝评分是对煮熟后的鸡肉和肉汤在气味、香味、多汁性、口感、嫩度各方面进行综合评定,与肉品质及肉中风味物质含量等有关。肉风味是衡量鸡肉品质的重要指标,影响肉品食用口感。本研究中,灵芝孢子粉组试鸡的胸肌感官品尝评分中肉汤鲜味评分显著提高,且其余各项指标均高于对照组,表明灵芝孢子粉可增加肌肉风味。肉的风味物质由能产生挥发性肉香化合物成分的风味前体物形成,如肌苷酸、游离氨基酸、相关核酸代谢产物及肌肉内脂肪等<sup>[16-17]</sup>,灵芝孢子粉增加文昌鸡肌肉风味的作用机理可能与提高鸡肉中风味物质含量有关<sup>[5]</sup>。

### 3.4 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡货架期指标的影响

挥发性盐基氮是指在腐败过程中,蛋白质分解而产生氨及胺类等碱性含氮物质,目前被认为是与

食品腐败程度符合率最高的化学指标之一。挥发性盐基氮能准确反映动物产品的新鲜度,TVBN含量越低,其新鲜度就越高<sup>[18]</sup>。肌肉MDA含量可表示贮存肉脂质氧化程度<sup>[19]</sup>,其值越高,表明肉质新鲜度越差。本研究中,饲料添加了灵芝孢子粉的文昌鸡胸肌宰后24 h的MDA和宰后45 min的TVBN含量显著降低,饲料添加大豆异黄酮的文昌鸡胸肌宰后45 min和24 h的MDA含量显著降低;对于宰后72和120 h的肌肉,饲料添加大豆异黄酮和灵芝孢子粉均对降低MDA和TVBN含量有一定的作用,以上表明二者对文昌鸡宰后贮存保鲜均具有一定的作用。

### 3.5 灵芝孢子粉和大豆异黄酮对文昌鸡抗氧化能力的影响

丙二醛是血浆脂质中不饱和脂肪酸受自由基攻击而被氧化产生脂类过氧化物主要的分解产物,能够使蛋白质变性。本研究中,饲料添加灵芝孢子粉显著降低了文昌鸡血浆MDA含量、增加了血浆GSH含量,添加大豆异黄酮降低了文昌鸡血浆MDA含量。灵芝孢子粉中主要成分灵芝三萜可通过清除细胞内产生的自由基来降低氧化应激<sup>[20]</sup>,灵芝多糖具有高自由基清除能力<sup>[21]</sup>,可提高肉鸡T-AOC、谷胱甘肽还原酶(GR)和过氧化氢酶(CAT)的活性,增加肝脏和脾脏中GSH含量<sup>[4]</sup>。大豆异黄酮是具有较强抗氧化能力的活性物质,可形成稳定的自由基中间体从而阻断自由基反应<sup>[22]</sup>。研究表明,在饲料中添加大豆异黄酮(20~80 mg/kg)可降低黄羽肉公鸡血浆与胸肌MDA含量,提高T-AOC<sup>[2]</sup>;林厦菁等<sup>[9]</sup>也表明饲料添加大豆异黄酮可显著提高文昌鸡母鸡血浆的T-AOC,提高GSH含量,其可能是通过高活性生物苷元来发挥抗氧化作用<sup>[8,16]</sup>。在本研究条件下,灵芝孢子粉和大豆异黄酮均可有效提高文昌鸡的抗氧化性能。

## 4 结论

在本研究条件下,饲料添加500 mg/kg灵芝孢子粉和300 mg/kg大豆异黄酮均可提高110~140日龄文昌鸡胸肌宰后24 h的pH,降低血浆和宰后24 h肌肉中MDA含量。灵芝孢子粉还提高了试鸡血浆GSH含量、降低了胸肌剪切力与TVBN含量,并提高了鸡肉肉汤鲜味评分。综上,饲料添加500 mg/kg灵芝孢子粉和300 mg/kg大豆异黄酮预混剂均对提高文昌鸡的抗氧化能力、改善肌肉品

质有一定作用。二者比较,500 mg/kg 灵芝孢子粉作用更优。

## 参考文献 References

- [1] 李新花. 维生素 A、E、C 对肉仔鸡生产性能、肉质及血清生化指标的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2006  
Li X H. Effect of vitamin A, E and C on the production performance, meat quality and serum biochemical parameter in broiler chicks[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2006 (in Chinese)
- [2] Jiang Z Y, Jiang S Q, Lin Y C, Xi P B, Yu D Q, Wu T X. Effects of soybean isoflavone on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers [J]. *Poultry Science*, 2007, 86(7): 1356-1362
- [3] Payne R L, Bidner T D, Southern L L, Geaghan J P. Effects of dietary soy isoflavones on growth, carcass traits, and meat quality in growing-finishing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2001, 79(5): 1230-1239
- [4] Liu T, Zhou J C, Li W X, Rong X P, Gao Y, Zhao L H, Fan Y, Zhang J Y, Ji C, Ma Q G. Effects of sporoderm-broken spores of *Ganoderma lucidum* on growth performance, antioxidant function and immune response of broilers [J]. *Animal Nutrition*, 2020, 6(1): 39-46
- [5] 王一冰, 邝智祥, 张盛, 苟钟勇, 林厦菁, 蒋守群. 复合添加剂对 91~115 日龄清远麻鸡生长性能、抗氧化能力和肌肉品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2021, 48(8): 2787-2796  
Wang Y B, Kuang Z X, Zhang S, Gou Z Y, Lin X J, Jiang S Q. Effects of compound additives on growth performance, antioxidant capacity and meat quality of qingyuan partridge chickens aged 91 to 115 days[J]. *Chinese animal husbandry and veterinary*, 2021, 48(8): 2787-2796 (in Chinese)
- [6] NY/T 33-2004. 肉鸡饲养标准[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004  
NY/T 33-2004. Chinese Chicken Feeding Standard [S]. Beijing, China Press, 2004 (in Chinese)
- [7] 熊本海, 罗清尧, 周正奎, 赵峰. 中国饲料成分及营养价值表 (2017 年第 28 版) 制订说明[J]. 中国饲料, 2017, (21): 31-41  
Xiong B H, Luo Q Y, Zhou Z K, Zhao F. Chinese feed composition and nutritional value table (28th edition, 2017) [J] *China Feed*. 2017, (21): 31-41 (in Chinese)
- [8] Jenkins D J, Kendall C W, Jackson C J C, Connelly P W, Parker T, Faulkner D, Vidgen E, Cunnane S C, Leiter L A, Josse R G. Effects of high- and low-isoflavone soyfoods on blood lipids, oxidized LDL, homocysteine, and blood pressure in hyperlipidemic men and women[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2002, 76(2): 365-372
- [9] 林厦菁, 蒋守群, 林哲敏, 刘圉炜, 黄丹红. 大豆异黄酮和维生素对文昌鸡生长性能、肉质和血浆抗氧化指标的影响[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(1): 1-6  
Lin X J, Jiang S Q, Lin Z M, Liu Q W, Huang D H. Effects of soybean isoflavone and antibiotics on growth performance, meat quality and plasma antioxidant indexes of Wenchang chickens [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2018, 39(1): 1-6 (in Chinese)
- [10] 郭晓红, 阎芳, 赵恒寿. 大豆黄酮对肉仔鸡生长相关激素水平与免疫机能的影响[J]. 中国兽医学报, 2005, 25(4): 394-396  
Guo X H, Yan F, Zhao H S. Effect of daidzein on endocrinology and immune function of broilers [J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2005, 25(4): 394-396 (in Chinese)
- [11] 刘艳荣, 黄厚今. 灵芝孢子粉功能作用的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(4): 65-69  
Liu Y R, Huang H J. Research progress of function of *Ganoderma lucidum* spore[J]. *Food and Nutrition in China*, 2016, 22(4): 65-69 (in Chinese)
- [12] 李尚民, 蒋一秀, 范建华, 曲亮, 卢建, 窦新红. 饲料中添加灵芝粉对蛋鸡生产性能、蛋品质及粪便 NH<sub>3</sub> 和 H<sub>2</sub>S 释放量的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 36(24): 154-158  
Li S M, Jiang Y X, Fan J H, Qu L, Lu J, Dou X H. Adding lucid ganoderma; Effect on performance, egg quality, and NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S released from feces of laying hens[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36(24): 154-158 (in Chinese)
- [13] 巨晓军, 刘一帆, 章明, 屠云洁, 单艳菊, 姬改革, 邹剑敏, 束婧婷. 鸡肉品质性状评价指标与方法研究进展[J]. 中国家禽, 2019, 41(2): 44-48  
Ju X J, Liu Y F, Zhang M, Tu Y J, Shan Y J, Ji G G, Zou J M, Shu J T. Research progress on evaluation indices and methods of chicken meat quality[J]. *China Poultry*, 2019, 41(2): 44-48 (in Chinese)
- [14] 周光宏, 李春保, 徐幸莲. 肉类食用品质评价方法研究进展[J]. 中国科技论文在线, 2007, 2(2): 75-82  
Zhou G H, Li C B, Xu X L. Advances in methods for evaluating meat palatability[J]. *Sciencepaper Online*, 2007, 2(2): 75-82 (in Chinese)
- [15] 张兴, 吴买生, 宾石奇, 粟泽雄, 刘传芳, 刘伟, 石红超. 杜仲灵芝散对湘沙猪配套系肥育性能及肉质的影响研究[J]. 养猪, 2018(3): 9-13  
Zhang X, Wu M S, Bin S Q, Su Z X, Liu C F, Liu W, Shi H C. Study on the effect of fed *Eucommia ulmoides* feish and *Ganoderma lucidum* on the fattening performance and meat quality of Xiangsha pigs synthetic lines[J]. *Swine Production*, 2018(3): 9-13 (in Chinese)

- [16] 蒋守群. 大豆异黄酮对岭南黄羽肉鸡生产性能、肉品质的影响和抗氧化作用机制研究[D]. 杭州:浙江大学, 2007  
Jiang S Q. Effects of soy isoflavones on growth, meat quality and the mechanism of antioxidant function in Lingnan yellow broilers [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007 (in Chinese)
- [17] Chevance F F V, Farmer L J. Release of volatile odor compounds from full-fat and reduced-fat frankfurters [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47(12): 5161-5168
- [18] 王玉静, 柳旭伟, 毛玉梅, 高家良. 挥发性盐基氮对鸡肉品质的影响[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2019(5): 28-29  
Wang Y J, Liu X W, Mao Y M, Gao J L. Effect of volatile basic nitrogen on chicken quality [J]. *Shanghai Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2019 (5): 28-29 (in Chinese)
- [19] 陈东杰. 气调包装对冷却猪肉菌相影响与货架期预测模型 [D]. 泰安:山东农业大学, 2017  
Chen D J. Effect of different packaging on the dominant spoilage bacteria and shelf-life prediction model of chilled meat [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [20] 王瑛, 金捷, 金祖汉, 李建森, 毛培江, 杨毅, 黄晶晶, 李明焱. 灵芝孢子粉增强免疫功能的研究[J]. 中国现代应用药学, 2016, 33(5): 544-546  
Wang Y, Jin J, Jin Z H, Li J M, Mao P J, Yang Y, Huang J J, Li M Y. Study on immune-enhancing effects of *Ganoderma lucidum* spore powder [J]. *Journal of Modern Applied Pharmacy*, 2016, 33(5): 544-546 (in Chinese)
- [21] 刘宇琪, 郝利民, 鲁吉珂, 崔燕, 郑志强, 张黎明, 贾士儒. 灵芝子实体和孢子粉纯化多糖体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(16): 27-31  
Liu Y Q, Hao L M, Lu J K, Cui Y, Zheng Z Q, Zhang L M, Jia S R. Antioxidant activities of *Ganoderma lucidum* fruit body and spore powder polysaccharide in vitro [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40 (16): 27-31 (in Chinese)
- [22] 艾清豹, 刘德义, 甘琼, 何本玉, 周飞. 大豆异黄酮对肉鸡抗氧化功能的影响[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(9): 55-57, 62  
Ai Q B, Liu D Y, Gan Q, He B Y, Zhou F. Effect of soybean isoflavones on antioxidant activity in crossbred chickens [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2007, 13(9): 55-57, 62 (in Chinese)

责任编辑: 秦梅